

# 复习与练习 高考工艺流程题中反应条件的控制

广东省深圳市宝安区中学(集团)龙津中学 518038 杨涛

高考工艺流程题常以工业生产、社会热点、科技前沿为命题情景,体现无情景不命题的思想。试题主要考查学生元素化合物、化学反应原理相关知识,应用理论知识解决实际生产问题的核心素养,旨在培养学生的安全意识和严谨求实的科

学态度。试题中反应条件的选择主要从以下5个方面考查。

## 一、温度的控制

化工生产工艺中温度控制的作用及温度选择见表1。

表1

反应条件	功能	
温度的控制	升温	①加快反应速率增大原料的浸出率;②加快溶解速率;③除杂 除去不稳定的杂质,如 $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{I}_2$ 等;④将沸点较低的原料气化;⑤促进平衡向吸热方向进行;⑥升温使某物质达到沸点挥发;⑦加热煮沸赶尽溶液中溶解的气体;⑧促进水解,有利于沉淀颗粒长大聚沉后过滤分离
	降温	①防止物质在高温时分解;②降低物质的溶解度,有利于物质的析出;③将沸点较高的产物液化;④降温促进化学反应向放热方向进行
	用水浴或油浴或沙浴控温	①防止某种物质温度过高时会分解或挥发;②为了使某物质达到沸点挥发出来;③达到催化剂的活性温度;④利用物质的溶解度信息,调控温度寻找合适的结晶分离方法

例题1 (2015年福建卷节选)工业上用铝土矿(主要成分为  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,含有  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  等杂

质)制取无水氯化铝的工艺流程示意图如图1所示。部分物质沸点见表2。

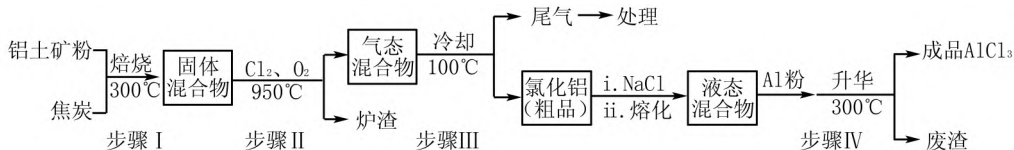


图1

表2

物质	$\text{SiCl}_4$	$\text{AlCl}_3$	$\text{FeCl}_3$	$\text{FeCl}_2$
沸点/°C	57.6	180 (升华)	300 (升华)	1023

(4) 步骤III的尾气经冷却至室温后,气体用足量的  $\text{NaOH}$  冷溶液吸收,生成的盐主要有3种,其化学式分别为\_\_\_\_\_。

解析 温度:该流程图中出现了4次具体的温度,问题(4)设置上也与温度有关。

步骤I中焙烧  $300^\circ\text{C}$  目的是:使固体水分挥发,防止步骤II生成的  $\text{AlCl}_3$  水解;焦炭气孔数目增多,目的是增大接触面积,加快反应速率;

步骤II中焙烧  $950^\circ\text{C}$  目的是分离出  $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{AlCl}_3$ 、 $\text{FeCl}_3$  气体。

步骤III冷却到  $100^\circ\text{C}$  目的是分离出  $\text{SiCl}_4$  气体得到  $\text{AlCl}_3$ 、 $\text{FeCl}_3$  固体。

步骤IV  $300^\circ\text{C}$  目的是将产品升华得到  $\text{AlCl}_3$ 。

(4)中出现的温度:室温。步骤III的气态混合物冷却至  $100^\circ\text{C}$  时  $\text{AlCl}_3$ 、 $\text{FeCl}_3$  液化;尾气冷却到室温后  $\text{SiCl}_4$  成为液体。此时的气体中能与氢氧化钠反应的是  $\text{Cl}_2$  和  $\text{CO}_2$ ,分析写出产物。

答案:  $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaClO}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

## 二、pH的控制

生产过程中,控制溶液 pH 的作用见表3。

表 3

反应条件	功能
(1) 调高 pH, 加碱或能消耗酸的盐 (2) 调低 pH, 加酸或能消耗碱的盐	(1) 目的: 调节 pH 实质上是利用沉淀溶解平衡把某些离子转化成沉淀 (2) 原则: 不管是调高还是调低, 原则都是加过量的除杂剂而不引进新的杂质, 这里分两种情况: ①目的是获得滤液; ②目的是获得滤渣 (3) 题目呈现方式: 题中通常会以表格数据形式或“已知信息”给出需求的“适宜 pH 范围” (4) 解题步骤: ①判断溶液呈酸(或碱)性; ②选择合适的调节剂; ③判断是调高还是调低

例题 2 (2020 年新标 I 节选) 黏土钒矿中, 钒以 +3、+4、+5 价的化合物存在, 还包括

钾、镁的铝硅酸盐, 以及  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 。采用图 2 所示工艺流程可由黏土钒矿制备  $\text{NH}_4\text{VO}_3$ 。

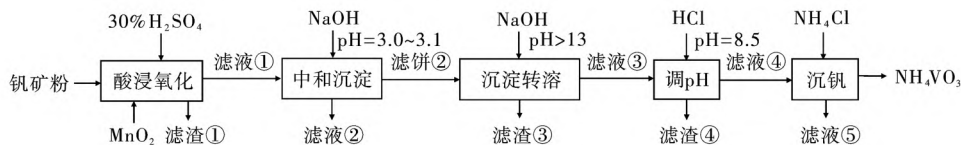


图 2

该工艺条件下, 溶液中金属离子开始沉淀和完全沉淀的 pH 见表 4。

表 4

金属离子	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Mn}^{2+}$
开始沉淀 pH	1.9	7.0	3.0	8.1
完全沉淀 pH	3.2	9.0	4.7	10.1

解析 “酸浸氧化”中,  $\text{VO}^+$  和  $\text{VO}^{2+}$  被氧化成  $\text{VO}_2^+$ ; “中和沉淀”中, 钒水解并沉淀为  $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  “沉淀转溶”中,  $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  转化为钒酸盐溶解。

题干 pH 调控过程是: 钒矿粉先酸浸, 再加碱由小到大调 pH, 再加酸调 pH 由大到小。

“酸浸氧化”中, 硫酸溶解  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , 生成的产物  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{MnO}_2$  反应生成  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{VO}^+$  和  $\text{VO}^{2+}$  被  $\text{MnO}_2$  氧化成  $\text{VO}_2^+$ , 同时除去  $\text{SiO}_2$ 。

pH 由小升高: 滤液①用 NaOH 调 pH 为

3.0 ~ 3.1 时, 沉淀了大部分的  $\text{Fe}^{3+}$  和小部分的铝离子, 得到  $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

pH 继续升高: 滤饼②中含氢氧化铁、氢氧化铝和  $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , 滤饼②在  $\text{pH} > 13$  的 NaOH 环境中发生沉淀转溶, 溶解了全部的氢氧化铝, 同时有  $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  转化为钒酸盐溶解的过程, 氢氧化铁作为滤渣③被过滤除去。

pH 由大往小调: 滤液③加 HCl 调 pH 为 8.5, 将  $\text{NaAlO}_2$  转化为  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀过滤除去。该流程的特殊性,  $\text{Al}^{3+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  不是一步被除净的。

解题过程看表格数据, 理解调控 pH 的目的, 解决题目的问题。

### 三、浓度的控制

化工生产中, 原料液浓度控制的作用见表 5。

表 5

反应条件	功能
浓度 的 控制	增大浓度 ①可加快反应速率; ②增大反应物的浓度使平衡正移动
	降低浓度 降低生成物浓度有利于平衡正移动, 增大生成物的产率。例如合成氨, 吸收塔中及时将氨液化

例题 3 (2016 年上海卷节选) 乙酸乙酯广泛用于药物、染料、香料等工业。实验时, 通常加入过量的乙醇, 原因是\_\_\_\_\_。

答案: 增大乙酸的转化率, 有利于平衡正移

动。

### 四、压强的控制

化工生产中, 控制压强的作用见表 6。 ▶

# 聚焦盐类水解 破解十大应用

湖北省恩施土家族苗族自治州高级中学 445003 王 繁  
湖北省恩施市第三高级中学 445003 黄玉梅

盐类水解广泛应用于生产、生活,总结如下。

## 一、热的纯碱溶液可去油污

油污属于酯类,难溶于水,纯碱在加热条件下水解:



加热促进  $\text{CO}_3^{2-}$  的水解,溶液碱性越强,去污能力增强。因此,产生的  $\text{OH}^-$  促进酯的水解,生成可溶于水的高级脂肪酸钠和甘油。

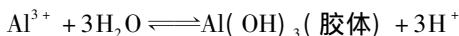
## 二、盐溶液的配制和保存

配制  $\text{FeCl}_3$  溶液时,通常将  $\text{FeCl}_3$  晶体溶于较浓的盐酸中,然后再加水稀释至所需的浓度,溶于盐酸的目的是防止  $\text{Fe}^{3+}$  发生水解反应;而配制  $\text{FeSO}_4$  溶液时,将固体  $\text{FeSO}_4$  溶于少量稀硫酸,目的也是增大  $\text{H}^+$  浓度,从而抑制  $\text{Fe}^{2+}$  的水解,再加入少量的铁屑,防止  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化。

## 三、部分盐可作净水剂

铝盐、铁盐等部分盐一定条件下水解生成胶

体,因有较强的吸附性,可吸附水中的悬浮物而达到净水效果。例如,明矾可作净水剂,是因为明矾溶于水后电离产生的铝离子水解:



生成的  $\text{Al}(\text{OH})_3$  胶体粒子因带正电,可吸附悬浮于水中的泥沙、固体颗粒物等,从而达到净水的效果。

## 四、泡沫灭火器原理

泡沫灭火器内部有钢瓶和塑料桶 2 部分构成,分别向钢瓶和塑料桶中加入  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液,当遇到紧急情况,拔保险并倒立,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  与  $\text{NaHCO}_3$  溶液因接触而充分反应,喷射出含有  $\text{Al}(\text{OH})_3$  的高压  $\text{CO}_2$ ,实现将可燃物表面进行固体覆盖和隔绝空气的目的,从而达到灭火的效果。

## 五、部分盐为温和的酸碱

通常选用  $\text{NH}_4\text{Cl}$  溶液除去钢材表面的铁锈,因  $\text{NH}_4^+$  在水溶液中发生水解:

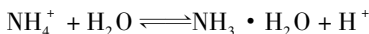


表 6

反应条件		功能
压强的控制	加压	①对于气体参加的反应加压可加快反应速率;②对于有气体参加的反应,考虑压强对平衡移动的影响。例如合成氨的反应,加压既有利于提高速率又有利于平衡的正向进行
	减压蒸馏	①降低液体的沸点,防止物质分解。比如重油的减压蒸馏,氢氧化铜要减压蒸干;②防止物质被氧化

## 五、体系环境氛围及其他条件的控制(见表 7)

表 7

反应条件	功能
酸性、碱性或某种环境氛围	①蒸发或结晶时,加入相应的酸或碱抑制某些盐的水解;②营造还原性氛围:如加热煮沸溶液后再冷却,其目的是除溶液中的氧气;③营造氧化性氛围:如将二价铁转化为三价铁,加入氧化剂;④营造无干扰反应的氛围:要考虑 $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 或其他气体是否参与反应,或能否达到隔绝空气,防氧化、水解、潮解等目的

例题 4 (2023 年广东卷节选)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  会使滤泥中的一种胶状物质转化为疏松分布的棒状颗粒物。 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  提高了  $\text{Ni}$ 、 $\text{Co}$  的浸取速率,其原因\_\_\_\_\_。

答案:减少胶状物质对镍钴氢氧化物的包裹,防止生成胶体,加速沉淀的生成。

(收稿日期:2023-10-25)